

Г.І.РУКАВЦЕВ, канд. техн. наук, директор, **О.М.САВЕЛЬЄВА**, канд. техн. наук, завідувач лабораторією, **О.П.БОБРОВА**, завідувач сектором (Український науково-дослідний інститут з переробки штучних та синтетичних волокон — АТ УкрНДІПВ), **К.В.САВЕЛЬЄВА**, канд. фіз.-мат. наук, доцент (Київський національний університет технологій та дизайну)

ГЕОТЕКСТИЛЬ — новий високоефективний дорожній та будівельний матеріал*

Повідомлення II (Чинники якості та довговічності)

Geotextiles are available in wide range of compositions appropriate to different applications and environments. The synthetic polymers used consist mainly of polyamide, polyester, polyethylene and polypropylene. These materials are resistance to chemical and microbiological attack encountered in normal soil environments and for normal design lives.

Щоб професійно грамотно виготовляти геотекстиль, пропонувати його замовнику, проектувати конструкції з використанням геотекстилю, фахівці мають бути обізнаними з різними аспектами, що характеризують ці матеріали і умови їх використання. Аспекти на основі [1] викладено далі.

Перший аспект — компоненти геотекстилю

По-перше, це — полімер, з якого геотекстиль виготовлений. Такими полімерами найчастіше є поліпропілен (PP), поліетилен (PE) низької (LDPE) та високої щільності (HDPE), різні групи полієфірів (PET), поліаміди (PA) або найлони, полівінілхлорид (PVC). Як загалом, всі ці полімери зазвичай є термопластичними, а ще можуть бути аморфними або напівкристалічними. Важливішою характеристикою полімерів для геотекстилю є температура склування T_g , за якої структура його аморфної частини піддається істотній зміні — від жорсткої, склоподібної, крихкої під дією температури навантаження нижче T_g , до більш податливої еластичної під дією навантаження вище T_g . Склужання чинить менш помітний вплив на напівкристалічний полімер, однак за вищих температур кристаліти плавляться, що призводить до різкої зміни у властивостях геотекстилю. Ось чому у разі використання в цивільному будівництві PET-геотекстилю (T_g від 70 до 80°C), температура експлуатації має бути нижчою T_g , тоді як PP-геотекстилю (T_g від -20 до -12°C) та PE-геотекстилю HDPE (T_g від -100 до -70°C) — вище їхньої T_g . Ці два останніх полімери найчастіше використовують в геотекстилі з огляду на таке — PP завдяки напівкристалічній структурі має високу жорсткість, добрі розтяжні властивості та опір кислотам, лугам й більшості розчинників, а додавання стабілізаторів запобігає окислюванню у процесі виготовлення й підвищує довговічність, включаючи погодостійкість. Щодо PE, то LDPE відомий своєю гнучкістю, простотою обробки, добрими фізичними властивостями, а HDPE є твердшим і хімічно стійкішим, проте у деяких випадках може бути сприятливим до виникнення тріщин у геотекстилі під дією навколишнього середовища. PET-геотекстиль в експлуатації демонструє добрі механічні

властивості, включаючи низький рівень деформації повзучості, високий хімічний опір більшості кислот і багатьом розчинникам, дуже повільне гідролізування у присутності води і прискорене за дуже лужних умов. Як і решта полімерів є чутливим до погоди. PVC (T_g від -25 до 100°C) — найуніверсальніший з усіх пластиків, бо його здатність змішуватися з пластифікаторами та іншими добавками дає йому змоги набувати усіляких форм. Проте PVC має тенденцію ставати крихким і темніти під дією ультрафіолетового (УФ) світла або руйнуватись під дією тепла. PA (T_g від 40 до 60°C) демонструє комбінацію властивостей, включаючи високу міцність за підвищених температур, в'язкість, опір спрацюванню і старінню, низькі фрикційні властивості та проникність газу та вуглеводів, добрий хімічний опір. T_g PA може зменшуватися із зростанням вологовмісту.

По-друге, — вид геотекстилю щодо структури сировини, з якої він виготовлений. За видами геотекстиль поділяється [2] залежно від:

- ✓ використання однієї з традиційних технологій виготовлення — *на тканий, трикотажний, нетканий*
- ✓ комбінації тих чи інших технологій — *на геограти, геосітки*
- ✓ складання з двох чи більше перелічених видів геотекстилю, з'єднаних між собою склеюванням, зварюванням, шиттям — *геокомпозити*

В свою чергу, усі перелічені види геотекстилю можуть бути виготовлені з сировини різної не тільки за видом використаного полімеру, а й структури (волокна, нитки чи пражі; поодинокі, трощені, кручені) та виду переплетення у геотекстилі. Все перелічене зумовлює ті чи інші значення показників фізичних властивостей (товщина, міцність, жорсткість, водонепроникність, повзучість тощо), які мають вказуватися у технічних умовах (ТУ) на кожний геотекстиль і є основою для вибору того чи іншого матеріалу проєктувального інженерної будівельної (дорожньої) конструкції.

По-третє, — наявність у складі геотекстилю матеріалів вторинного перероблення. Застосування вторинно переробленого пластика є звичайною практикою, проте такий

геотекстиль можна вважати порівняльним з первинним матеріалом тільки тоді, коли в ньому не більше 10% вторсировини. У разі використання вторсировини на будь-яких етапах виготовлення геотекстилю мають бути проведені усі випробування його якості й довгострокової довговічності, бо остання зменшується із збільшенням кількості стадій та процесів виготовлення геотекстилю з такої сировини. Для суворих навколишніх середовищ експлуатації геотекстилю такі матеріали бажано не використовувати. Тому в ТУ на геотекстиль склад полімеру має бути гарантованим із зазначенням наявності чи ні вторсировини.

По-четверте, — наявність у полімері, з якого виготовлений геотекстиль, добавок та стабілізаторів. Типовими добавками (бажаними) є антиокислювачі та УФ-стабілізатори. Деякі антиокислювачі призначені тільки для дії у процесі виготовлення полімеру, щоб не погіршилися його властивості від високих температур перероблення. Інші антиокислювачі сприяють захисту геотекстилю від навколишнього середовища його експлуатації (наприклад, за низьких температур). УФ-стабілізатори забезпечують світлово стабілізацію полімерів кількома механізмами, такими як уповільнення фотоокислювання, поглинання світла критичної довжини хвилі або скорочення довжини кінетичного ланцюга в стадії поширення механізму фотоокислювання. Типовими стабілізаторами є газова сажа, блокувальні амінові світлостабілізатори (HALS) і поглиначі УФ світла. Бажаним є використання виробником геотекстилю полімерів з корисними добавками та стабілізаторами, а інформація в ТУ про це є важливою для проєктувальника інженерної споруди з огляду на природні умови експлуатації геотекстилю.

Другий аспект — екологічні чинники, що можуть призвести до деградації геотекстилю

- ◆ *Навколишнє середовище над землею — старіння геотекстилю над землею головним чином ініціюють УФ-складові сонячної радіації, висока температура і кисень, внески від інших кліматичних чинників (таких як вологість, дощ, окис азоту і сірка, озон і опади із забрудненого повітря). Енергія УФ-радіації достатня, щоб спровокувати у полімері розриви хімічних зв'язків, які призводять до наступної рекомбінації, наприклад з киснем повітря, або ініціюють складніші ланцюгові реакції. Опору цій енергії може сприяти зниження температури поверхні матеріалу та атмосферні опади, а посилення її може статися від атмосферного забруднення та кислотного дощу. Особливо зазначене характерне*

* Повідомлення I див. журн. «Легка промисловість», 2005, №3, с. 46-47.

для PA-геотекстилю.

Все це зумовлює обмеження часу перебування (експозиції) геотекстилю на будівельному майданчику (наприклад до його закопування у землю), тому в ТУ на матеріал цей час має нормуватися.

- ◆ **Навоколишнє середовище під землею** — ґрунти, які характеризуються: розподілом розміру часток і їх загостреність, кислотністю/лужністю (рН) залежно від виду ґрунту (гумати, натрієві або вапняні, гідратація вапна, бетон тощо), присутністю іонів металу, кисню, вмістом води, органіки, температурою, відкладеннями (поклади корисних копалин, торфовища) та ін. Хімічними впливами ґрунтів є: гідроліз — зовнішній, лужний (рН>10), особливо в присутності кальцію, що набуває форми поверхневого руйнування або травлення; внутрішній — у водних розчинах або у вологому ґрунті за всіх значень рН, при цьому швидкість його невелика в нейтральних ґрунтах за середніх температур (до 15°C) і зростає в кислотних ґрунтах (рН<7). Тому проектувальник забудови із застосуванням геотекстилю має чітко знати, на яких ґрунтах вона здійснюється, з урахуванням глибини закопування цього матеріалу, а виробник геотекстилю — кваліфіковано пропонувати відповідний матеріал. На основі таких знань слід відбирати чи виготовляти геотекстиль з того чи іншого полімеру. Так, РЕТ та РА матеріали сприйнятливі до гідролізу, при цьому другий — до обох вказаних вище форм. Потрібна обережність у разі використання першого з них протягом довгого часу і за рН>9. РР та РЕ матеріали сприйнятливі до окислювання, особливо у присутності іонів тривалентного заліза, а також міді й марганцю, проте у присутності кисню в ґрунті окислювання зменшується. Всі хімічні реакції за вищих температур перебігають швидше.

Відсутні повідомлення щодо мікробного впливу на синтетичний геотекстиль, хоча низькомолекулярні компоненти полімерів і деякі добавки можуть піддаватись біологічному розпаду, проте йому можуть протистояти біостабілізатори.

У ґрунті геотекстиль також може зазнати нападу гризунів, в нього можуть проникнути коріння рослин і захарачити його. Проте ніякими моделюючими випробуваннями і показниками це неможливо оцінити, бо є природною даниною, що може призвести до скорочення фактичного терміну служби геотекстилю, незалежно від будь-яких його характеристик.

Третій аспект — вплив навантаження на геотекстіль під час експлуатації та механічного ушкодження

- ◆ **Вплив навантаження розтягнення в робочому стані матеріалу**
Головна розбіжність між полімерами і металами полягає в тому, що за нормальних робочих температур і навантаження розтягнення полімери з часом витягуються, тобто «повзуть». У разі високих навантажень повзучість призводить, врешті-решт, до напруження руйнування, відомого як руйнування повзучості, або статична утома. Чим вище прикладене навантаження, тим коротше термін служби геотекстилю. У разі використання полімерів з вищим T_g , повзучість протікає швидше і чутливіше до температури, ніж у полімерів з нижчим T_g .
Тому повзучість більш різко виражена у геотекстилю з РЕ і РР, ніж із РЕТ. Таким чином, повзучість геотекстилю — це ще один суттєвий чинник, що має бути врахований під час проектування будівельної конструкції з огляду на її проектний термін служби.
- ◆ **Синергія навантаження розтягнення з екологічним впливом (екологічне напруження розтріскування).**
Екологічні впливи, зазвичай, незначно впливають на деформацію повзучості, проте можуть зменшити термін служби геотекстилю в будівельних конструкціях. Якщо об'єднаний вплив навантаження і екології більший, ніж сума індивідуальних їхніх впливів, тоді, як мовлять, між ними існує синергія, що виявляється у розтріскуванні геотекстилю. Екологічне напруження розтріскування геотекстилю є наслідком окрихчування полімерів, критичніше воно у аморфних полімерів, таких як РВС. Напівкристалічні полімери, наприклад РЕ, менш сприятливі, проте не мають імунітету до екологічного напруження розтріскування. Нині за рубежем виробляють модифіковані полімери: РЕ із збільшеною кількістю високомолекулярних фракцій або сополімерізований, витягнуті РЕТ або РР волокна, які стійкіші до цих напружень.
- ◆ **Вплив навантаження в процесі установаження — механічні ушкодження, які виникають внаслідок прямого контакту ґрунтових заповнень з геотекстилем під тиском.**
Легке ушкодження складається з утворення подрапин і стирання волокон на поверхні, тоді як серйозніші ушкодження можуть містити розрізи та отвори у матеріалі, що значно знижують його довговічність і гідравлічні властивості. Сприятливість деяких геосинтетиків до механічного ушкодження під час установаження може підвищитись за умовами морозу. Серйозність ушкодження зростає з шершавістю та загостреністю наповнювачів і з прикладанням зусилля ущільнення, а зменшується залежно від збільшення товщини геотекстилю. Тому укладальники геотекстилю в конструкції будівлі мають ретельно і обережно поводитись з цим матеріалом, навантаження ущільнення наповнювачів в будівлі має

враховувати його властивості, щоб вже на початку будівництва не скоротити довговічність і матеріалу, і самої будівлі. Виробники ж геотекстилю в ТУ мають чітко викласти умови експлуатації, щоб не бути звинуваченими у незалежних від них проявленнях ушкодження матеріалу.

- ◆ **Вплив нормального тиску ґрунту (наповнювача) на геотекстиль**
виявляється у виникненні повзучості стиску.
Особливо це суттєво для дренажних конструкцій, відкритих виробок, де повзучість стиску може призвести до руйнування виробки. Тому для проектування таких конструкцій в ТУ на геотекстиль має бути узгоджена величина стиску геотекстилю і його спроможність протистояти стиску протягом визначеного терміну служби.
- ◆ **Вплив тертя і динамічного навантаження має суттєве значення для використання геотекстилю у автомобільних шляхах, залізницях, прибережному ерозійному захисті.**
Тут треба враховувати, що волокна і об'ємні термопласти чутливі до механічної утоми, а основними причинами деградації геотекстилю в такому разі є стирання і фрикційне тертя. Тому перед використанням (закупівлею) геотекстилю має бути підданий попереднім випробуванням, які моделюють умови будівельної ділянки.
Для оцінки усіх вищеперелічених чинників є міжнародні та європейські стандарти на методи випробувань. Для геотекстилю порівняно із традиційними текстильними матеріалами вони є специфічними. Суть методів випробувань геотекстилю буде викладено у наступних публікаціях, так само як і методи оцінки довговічності (терміну служби).
Слід зазначити, що у світі велику увагу приділяють науковим та технічним проблемам використання геотекстилю в технічних і гідротехнічних спорудах, оцінці чинників, що зумовлюють якість та довговічність геотекстилю. Так, в [1] надається значний перелік праць щодо результатів таких досліджень, виданих в 90-ті роки ХХ століття, з широкою географією проведення цих робіт (Нідерланди, США, Австралія, Франція).

Автори статті вважають, що в Україні за підтримки держави має бути розроблена загальнодержавна програма щодо геотекстилю, комплексна реалізація якої здійснюватиметься силами НДІ, організацій та підприємств усіх заінтересованих галузей промисловості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ISO/TR 13434 : 1998 Geotextiles and geotextile-related products — Guidelines on durability (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробки. Керівництво щодо довговічності).
2. ДСТУ ISO 10318:2002 Геотекстиль. Словник термінів (ISO 10318:1990, IDT)